

杭汚泥の現場内自ら利用のための固化材配合試験

(株)大林組 正会員 ○小竹 茂夫 フェロー 柴田 健司 正会員 日笠山徹巳

1. はじめに

杭施工に伴い発生する汚泥は、固化材混合により、建設汚泥処理土利用技術基準¹⁾(以後、技術基準)に基づき埋戻し材としての品質を確保すれば、建設汚泥処理土として現場内で自ら利用することが可能である。しかし、①汚泥の含水比が高く固化材の配合決定が工期内に難しいこと、②汚泥の仮置場等の敷地が必要であること、③固化材の混合により六価クロム溶出リスクがあること等から、杭汚泥の自ら利用は進んでいない。

本稿では、これらの課題を克服し、杭汚泥を建築物の埋戻し材料として自ら利用した事例をもとに、最適な固化材配合を検討し得られた知見を報告する。

2. 事例における杭汚泥の自ら利用手順

表 2.1 に技術基準に記載の「建設汚泥処理土の品質測定のための調査試験方法」を示す。自ら利用する汚泥処理土は、盛土材料としての品質と盛り立て後の地盤が確保すべき品質の2種類が求められる。そこで本事例では、盛土材料として表 2.1 の試験方法に基づき第3種建設発生土基準(コーン指数 $q_c=400\text{kN/m}^2$)を、盛り立て後の地盤強度として、技術基準記載のスラリー化安定処理土の基準を参考に、7日後の一軸圧縮強さ $q_u=200\text{kN/m}^2$ 以上を確保するものとした。実施工ではバックホウ混合を行うことから、室内配合試験における目標は 400kN/m^2 (現場/室内=0.5²⁾) 以上と設定した。

図 3.1 に杭汚泥の発生から自ら利用までの施工手順を示す。杭施工位置では、次工程作業のため、杭施工位置近傍の汚泥プールでダンプ運搬のため必要最低限のセメント系固化材を混合(一次混合)後、3日間程度の養生で敷地内の仮置場へ運搬する。仮置場で一定期間養生した後、盛土材利用のため必要な固化材量を混合(二次混合)および養生した後、埋戻し箇所へ運搬し、転圧施工する。

3. 固化材配合試験

3.1 目的; 本固化材配合試験では、杭の施工手順に基づき、2段階の固化材混合・養生・ときほぐしの手順を経て、突固め養生した試料の強度比較を行い、上述の品質に適合する固化材の種類および配合を選定することを目的とした。

3.2 試験方法; 固化材配合試験に用いた試料は、現地にてプレボーリング根固め工法により生じた汚泥から採取した。

固化材配合試験における固化材の組み合わせおよび配合量を表 4.1 に、試験フローを図 4.1 に示す。なお、具体的な試験手順は次のとおりである。

①上澄み水を除去した汚泥を原泥とし、粒度および含水比を測定後、試料 1m^3 当たり 50kg の高炉セメントを攪拌混合。

②1週間養生後、上記固化材配合試料を指圧でときほぐし 9.5mm ふるいを通過させ、4種類の固化材を攪拌混合。

キーワード 汚泥、自ら利用、固化、室内配合試験、杭施工

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 ㈱大林組エンジニアリング本部環境技術第一部 TEL:03-5769-1054

FAX:03-5769-1983

表 2.1 建設汚泥処理土の品質測定のための調査試験方法

判定指標	試験項目	試験方法	頻度
コーン指数	締固めた土のコーン指数試験	JIS A 1228 に準拠*	1日の処理量が、 200m^3 を超える場合、1回/ 200m^3 200m^3 以下の場合、1回/日

*試料は処理土を一旦ときほぐし 9.5mm ふるいを通過させたものとする。

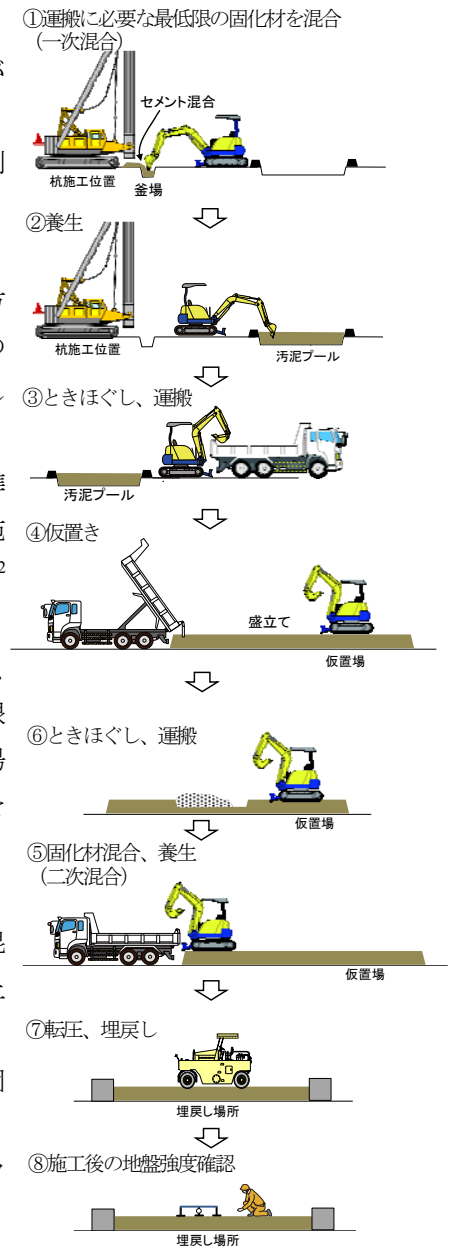


図 3.1 杭汚泥の自ら利用施工手順

- ③各固化材混合試料を φ50mm×h100mm のモールドに突固めもしくはタッピングにて充填。
- ④乾燥防止のラッピングをした状態で 1,3,7 日間養生後、各試料を指圧もしくはハンマーでときほぐし 9.5mm ふるいを通過させた後、「セメント系固化材による改良体の強さ試験方法」(JCAS L-01) に準拠し、φ50mm×h100mm のモールドに突固めで供試体作製。
- ⑥7 日間養生後、脱型し、供試体の一軸圧縮強さおよび含水比を測定。

3.3 試験結果； 試験で用いた原泥の粒度および含水比を表 5.1 に、固化材添加量 100kg/m³ の一軸圧縮強さを図 5.1 に、含水比を図 5.2 に、乾燥密度を表 5.2 に示す。

生石灰および石灰主体混合固化材では、材齢 7 日の供試体の一軸圧縮強さは 500kN/m² 以上であり、材齢 1,3 日の供試体より大きい。また、含水比は、生石灰混合で約 41%、石灰主体混合固化材では約 43%と、混合前の汚泥の 43%と同等か若干小さい値となった。高炉セメントおよびセメント主体混合固化材では、養生期間による強度増加は見られず、いずれも 400kN/m² 以下となった。含水比は 43~45%と初期の含水比以上となった。また、供試体の乾燥密度は含水比が小さいほど、大きい値となった。

3.4 考察； 生石灰系固化材の安定機構は以下の 3 つである³⁾。

- ①土中の水との反応による消石灰生成(大きな発熱による含水比低下)、
- ②生成した消石灰から溶出する Ca⁺イオンによる土粒子の凝集・団粒化、
- ③長期的に石灰と土粒子の可溶性シリカ、アルミナ分が消石灰と反応し、不溶性の水和物を生成 (ポゾラン反応)。

材齢 1 日の生石灰混合供試体が、他の配合より一軸圧縮強さが大きい理由は、上記機構のうち、固化材混合後短期間に生じる①の反応により含水比が低下したことで他配合より高い乾燥密度で供試体を作製したためと考えられる。また、材齢 1,3,7 日で比較した結果、含水比の変化がなく強度の増加が見られたことから、強度増加の原因は、上記機構のうち②もしくは③によると考えられる。

4. おわりに

4.1 まとめ； 筆者らは、杭汚泥を現場内で自ら利用する手順に沿った室内試験を行い、建設汚泥処理土を転圧施工後に必要な地盤強度を確保できる固化材配合を求めた。その結果、石灰系の 2 種類の固化材で所定の一軸圧縮強さを確保することができた。石灰の強度発現は、含水比低下による乾燥密度の増加による効果と、解きほぐし突固め後も長期間かけて反応が進む石灰溶出成分と土粒子との凝集やポゾラン反応による結合と考えられる。本試験とともに埋戻し材としての評価試験が必要だが、本試験により固化材を絞り込むことができ、本試験の供試体作製に伴う突固め作業によりコーン指数 qc=400kN/m² を確保できる配合の目安を把握できるため、少量の試料で効率的な配合設計が可能である。

4.2 今後の展開； 今後、土質の異なる汚泥について同様な試験を行い、杭汚泥の自ら利用の促進に資する基礎的データを取り揃える予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省：建設汚泥処理土利用技術基準
- 2) セメント協会 (2012)：セメント系固化材による地盤改良マニュアル (第 4 版)、pp.110-111
- 3) 独立行政法人土木研究所(2008)：建設汚泥再生利用マニュアル、pp.211

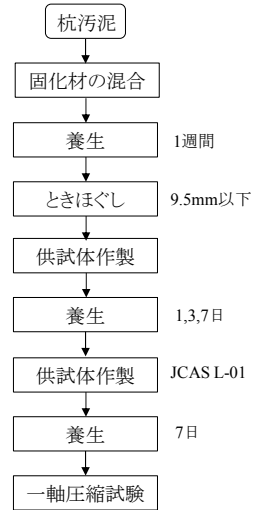


図 4.1 室内配合試験フロー

表 4.1 固化材の配合および試験条件

固化材の種類	配合(kg/m ³)	供試体数	ときほぐしまでの材齢(日)	突固め後の養生期間(日)
高炉セメント、生石灰、セメント主体混合固化材、石灰主体混合固化材	50,100,150	n=1	1,3,7	7

表 5.1 試験に用いた汚泥の粒度、含水比

土粒子の密度 ρ _s (g/cm ³)	自然含水比 w _n (%)	粒度					
		粘土分 (0.005mm 未満)	シルト分 (0.005~0.075mm)	砂分 (0.075~2mm)	礫分 (2~75mm)	最大粒径 (mm)	均等係数 U _c
2.693	43.0	7.1	13.7	78.3	0.9	4.75	29

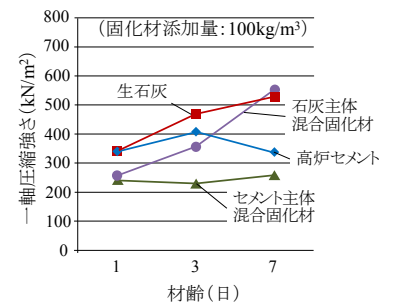


図 5.1 一軸圧縮強さ試験結果

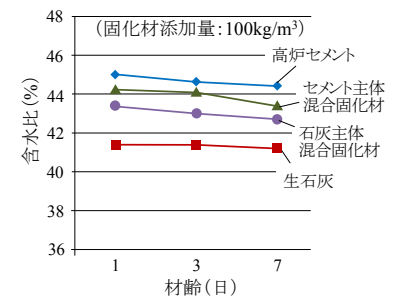


図 5.2 含水比試験結果

表 5.2 乾燥密度試験結果

固化材の種類	材齢(日)		
	1	3	7
高炉セメント	1.17	1.17	1.12
生石灰	1.25	1.23	1.20
セメント主体混合固化材	1.19	1.20	1.14
石灰主体混合固化材	1.20	1.21	1.18